

Récolte, traitement et conservation des châtaignes

Marco Conedera, Mauro Jermini, Alberto Sassella, Thomas N. Sieber

Le châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) a des fruits extrêmement délicats qui se gâtent facilement: ils se dessèchent très vite et sont souvent à la merci des moisissures et des insectes. Dans maints pays d'Europe, on assiste à la reprise de l'exploitation de ces fruits. De solides connaissances quant aux techniques de récolte, aux parasites et au traitement des châtaignes fraîches sont par conséquent nécessaires. Le choix de techniques efficaces, économiquement viables sur le long terme, est alors primordial.

Cette notice présente, dans un langage accessible, l'état actuel des connaissances sur les caractéristiques, les parasites, les techniques de récolte, les traitements, le stockage et la conservation des châtaignes fraîches.

Caractéristiques de la châtaigne

La châtaigne est un akène, un fruit cloisonné ne s'ouvrant pas à maturité. Sa graine comporte deux cotylédons solides et recouverts d'une pellicule brun clair. (Fig. 1). Lorsque les pénétrations du tan sont complètes, le fruit est cloisonné et donc divisé en deux ou plusieurs graines (PRATELLA 1994). L'enveloppe extérieure et brillante du fruit (péricarpe) adhère à la graine, mais n'est pas soudée à elle. Une bogue épineuse (cupule) protège les fruits du châtaignier. Le hile relie les châtaignes à la bogue. A maturité, la bogue s'ouvre et le fruit est libéré au niveau du hile (Fig. 2).

Les châtaignes ont une valeur nutritive égale à celle d'autres aliments de base. Elles contiennent autant d'amidon et de

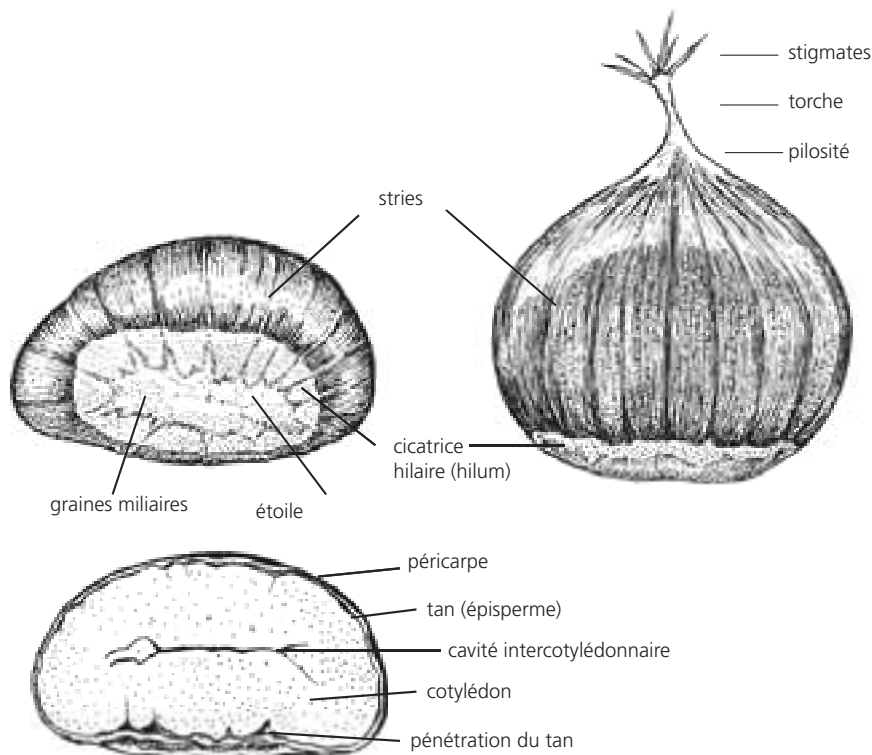


Fig. 1. Morphologie de la châtaigne. Dessins de Vreni Fataar, WSL Birmensdorf.



Fig. 2. Bogue ouverte avec les cicatrices hilaires nettement visibles. Photo: WSL Sottostazione Sud delle Alpi (P. Krebs).

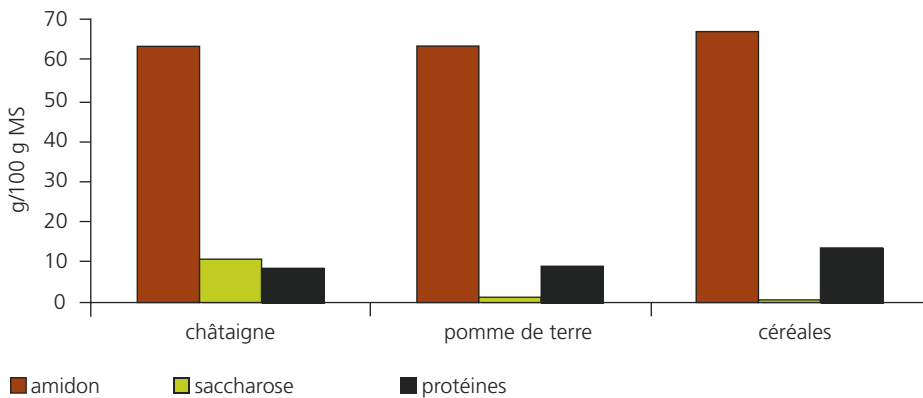


Fig. 3. Composés chimiques principaux de la châtaigne, de la pomme de terre et du blé (Source: KÜNSCH *et al.* 1998); MS = matière sèche.

protéines que les pommes de terre et le blé, un taux de sucre même supérieur (KÜNSCH *et al.* 1998, Fig. 3). Leur bonne valeur énergétique est aussi à souligner: 160–200 kcal (665–830 KJ) pour 100 g de châtaignes fraîches et épluchées. Les

Tab. 1. Composition chimique de la châtaigne. Toutes les données se rapportent à des châtaignes fraîches. Sources: DESMAISON et ADRIAN 1986; MCCARTHY et MEREDITH (1988); SENTER *et al.* (1994); BOUNOUS *et al.* (2000); CONEDERA *et al.* (2002).

Constituant	Unité de mesure	Valeurs tirées de la bibliographie
Matière sèche	%	37–50
Amidon	g/100g	23–27
Teneur en sucre		
Saccharose	g/100g	3,5–5,5
Glucose	g/100g	0,04–0,10
Fructose	g/100g	0,10–0,20
Fibres alimentaires	g/100g	8,2–8,4
Protéines	g/100g	2,5–5,7
Matières grasses		
Acides gras	mg/100g	900–1495
Acide palmitique	mg/100g	100–225
Acide stéarique	mg/100g	5–21
Acide oléique	mg/100g	170–476
Acide linoléique	mg/100g	550–718
Acide linolénique	mg/100g	78–92
Vitamines		
A	mg/100g	12
B1	mg/100g	0,1–0,2
B2	mg/100g	0,2–0,3
C	mg/100g	6–23
Niacine PP	mg/100g	1,1
Sels minéraux		
Potassium	mg/100g	395–707
Phosphore	mg/100g	70
Magnésium	mg/100g	31–65
Soufre	mg/100g	48
Calcium	mg/100g	18–38
Chlore	mg/100g	10
Sodium	mg/100g	9
Fer	mg/100g	1
Manganèse	mg/100g	0,7
Cuivre	mg/100g	0,6

châtaignes ne contiennent pas de gluten et agissent de façon basique: elles neutralisent le surplus d'acidité présent dans l'estomac, créé par les habitudes alimentaires actuelles. La châtaigne est par conséquent un aliment bien toléré – également par les personnes atteintes de coeliaquie (intolérance au gluten) (BÄNZIGER et BURI 2003).

Les châtaignes ont un taux relativement faible en eau, un taux élevé de glucides (sucre et amidon), de protéines (recelant en partie des acides aminés de première nécessité) et d'acides gras (dont des acides essentiels comme l'acide linoléique et linolénique), ainsi qu'un faible taux de matières grasses et une teneur idéale en potassium (DESMAISON et ADRIAN 1986; KÜNSCH *et al.* 1998; BOUNOUS *et al.* 2000, voir également le Tab. 1). La composition chimique des fruits frais peut évoluer en fonction de la région de production et des méthodes de traitement utilisées. (FADANELLI *et al.* 1995; CONEDERA *et al.* 2002; BASSI *et al.* 2002).

Ces caractéristiques influent sur la conservation après la récolte:

- Le hile est passible d'infections parce que le tissu protecteur ne se forme pas totalement lorsque le fruit se détache de la bogue (CAVARGNA 1992).
- Le métabolisme des châtaignes est intense au cours des jours suivant leur chute. L'entassement des fruits crée de la chaleur qui, combinée à l'eau et au dioxyde de carbone, déclenche des processus de fermentation indésirables (GIACALONE et BOUNOUS 1993).
- Les châtaignes respirent et transpirent; elles perdent en humidité et se dessèchent (ANELLI et MENCARELLI 1992).
- La teneur en glucose équivaut, en présence d'une certaine humidité, à un terrain nourricier propice au développement des champignons (CAVARGNA 1992).

Outre ces attributs, les aspects suivants jouent également un rôle prépondérant:

- Pour la plupart des châtaignes tombées à terre, il est impossible de définir si elles sont parasitées par des insectes, puisque, dans leurs premiers stades de développement, les larves de *Cydia* et de *Curculio* (voir le Tab. 2) ne sont pas perceptibles à l'extérieur du fruit (RIGOTTI 2000).
 - La majeure partie des champignons pathogènes qui sont source de pourriture, ont un long temps de latence et ne se manifestent qu'après la récolte (RIGOTTI 2000).
 - Les différentes sortes de châtaignes se conservent plus ou moins longtemps. Les châtaignes précoces se conservent en général moins longtemps que les châtaignes tardives tout comme celles qui, lors de leur chute de l'arbre, sont encore enfermées dans leur bogue.
 - A maturité, la semence de châtaigne ne peut pas germer (dormance). Cette inhibition diminue considérablement les mois d'hiver, en présence de basses températures, ce qui permet à la semence de germer au printemps.
- Seule la prise en compte de ces considérations permettra une exploitation optimale des châtaignes.

Les parasites les plus en vue des châtaignes

Insectes

Le début de l'attaque des insectes coïncide avec la ponte, qui se déroule en général lorsque les châtaignes sont encore en phase de maturation, enfermées dans les bogues suspendues à l'arbre (GIACALONE et BOUNOUS 1993). Les trois espèces de papillons *Pammene fasciana*, *Cydia fagiglandana* et *Cydia splendana* ainsi que le charançon *Curculio elephas* sont responsables des plus gros dégâts. Ces quatre espèces sont très faciles à distinguer sur le plan morphologique mais également dans leur biologie (voir le Tab. 2 et les Fig. 4, 5, 6). Les dégâts causés aux bogues et aux fruits sont de plus caractéristiques de chaque ravageur et permettent de déterminer de façon relativement sûre quel en est l'auteur (voir les exemples des Fig. 7, 8, 9). La proportion des dégâts de chaque espèce varie considérablement selon la période et le lieu. Le Carpocapse des glands (*C. fagiglandana*), par exemple, aime à vivre dans les régions chaudes et sèches. Il est présent en grand nombre au coeur et au sud de l'Italie (ROTUNDO et GIACOMETTI

Tab. 2. Morphologie et écologie des plus fréquents parasites des châtaignes. Sources: BOVEY *et al.* (1975); RIGOTTI (2000).

Nom scientifique et commun des parasites	Animal adulte	Larve	Ecologie	Cycle biologique et description des dégâts
<i>Pammene fasciana</i> L. Tordeuse des châtaignes	Envergure des ailes: 14–15 mm Aile antérieure: tache blanche médiane, à l'extrémité de laquelle apparaissent trois petites taches noires, suivies de deux bandes gris-plomb brillantes, qui forment une zone brune à quatre traits noirs; le long du bord avant se trouvent des entailles noires en forme de virgule. Aile postérieure: brun-gris.	Stades larvaires: 5 Longueur L5: 10–13 mm Morphologie: blanche ou rosâtre, tête brune, plaque prothoraxique et plaque anale brun clair; grosses taches verruqueuses rouge sombre; peigne anal.	Répartition géographique: Europe, Asie. Plantes-hôtes: Châtaignier Hêtre Chêne Erable	La larve se nourrit d'abord du limbe foliaire et s'attaque ensuite aux bogues qui ne sont pas encore mûres et se trouvent alors dans une phase d'accroissement des épines. Elle pénètre dans les fruits en formation à travers leur cicatrice hilare et en détruit le contenu. Une seule larve peut infester plusieurs bogues et entraîner leur chute précoce. Tout autour des trous, les larves laissent des excréments granuleux déposés entre les épines et reliés entre eux par des fils soyeux.
<i>Cydia fagiglandana</i> Z. Carpocapse des glands	Envergure des ailes: 13–19 mm Aile antérieure: brune, traversée de paires de fines zébrures claires en forme d'arête de poisson. Mâles: près de la zone anale se trouvent deux taches blanches en forme de U. Aile postérieure: brun (plus foncée que l'aile antérieure).	Stades larvaires: ? Longueur de la larve parvenue à maturité: 14–17 mm Morphologie: rougeâtre, tête brune, plaque prothoraxique et écusson anal jaune-rouge; taches verruqueuses rouges.	Répartition géographique: Europe, Iran. Plantes-hôtes: Hêtre Chêne Châtaignier Noisetier	Les oeufs sont déposés sur les bogues. Les larves pénètrent ensuite dans le fruit en creusant des galeries. À maturité, les larves quittent le fruit afin de se retirer dans le sol ou sous les écailles extérieures de l'écorce. De façon générale, lors de l'éclosion, le fruit se trouve encore sur l'arbre; dans d'autres cas, les fruits sont déjà tombés à terre.
<i>Cydia splendana</i> Hb. Carpocapse des châtaignes (Tordeuse du chêne)	Envergure des ailes: 13–18 mm Aile antérieure: gris cendré ou brun-jaune bordée de noir mettant en évidence quatre petits traits noirs. Lorsque les ailes sont fermées, les deux contours noirs convergent en formant une tache en forme de losange. Aile postérieure: brun (plus claire que l'aile antérieure).	Stades larvaires: 5 Longueur L5: 13–15 mm Morphologie: blanche, tête brune, plaque prothoraxique et plaque anale jaunâtres (absence de taches verruqueuses et de peigne anal).	Répartition géographique: Europe, Asie. Plantes-hôtes: Châtaignier Chêne	Les oeufs sont en général déposés sur la face supérieure ou inférieure des feuilles, plus rarement à la base de la bogue. Les jeunes larves recherchent une cupule et pénètrent au niveau de sa base afin d'atteindre le hile d'une châtaigne d'où elles creusent des galeries pour pénétrer dans les fruits qui se trouvent à un stade de maturité avancé. En creusant des galeries, elles se nourrissent de substances riches en amidon et remplissent les galeries de leurs excréments granules. Au début, les dégâts sont limités à la zone du hile. Mais ceux-ci s'étendent ensuite et les fruits infestés se reconnaissent souvent à une impression basilaire. À maturité, la larve grignote un trou d'environ 1,5 mm de diamètre, pour hiverner ensuite dans la terre ou sous les écailles extérieures de l'écorce.
<i>Curculio elephas</i> Gyll. Balanin des châtaignes	Longueur: 6–10 mm Forme: ovale, couleur gris fauve, pattes et antennes brun-rougeâtre, élytre rayée; fémur enflé avec un croc; rostre grêle, celui de la femelle est aussi long que son corps, celui du mâle l'est de moitié.	Stades larvaires: 4: Longueur L4: 12–15 mm Morphologie: apode, trapue, incurvée, blanchâtre et tête brune.	Répartition géographique: Europe du sud. Plantes-hôtes: Châtaignier Chêne	La femelle utilise son long rostre pour perforer l'enveloppe épineuse de la bogue et dépose un oeuf en son sein. Les larves creusent des galeries dans le fruit et les remplissent progressivement de fins excréments. La châtaigne garde une apparence saine jusqu'à ce que la larve quitte le fruit par un trou de sortie d'environ 4–5 mm de diamètre. Les larves mûres hivernent par la suite dans le sol à une profondeur évaluant entre 10 et 70 cm.



Fig. 4. Adultes des principaux parasites des châtaignes
 (a) *Pammene fasciana* L. (Tordeuse des châtaignes);
 (b) *Cydia fagiglandana* Z. (Carpocapse des glands);
 (c) *Cydia splendana* Hb. (Carpocapse des châtaignes);
 (d) *Curculio elephas* Gyll. (Balanin des châtaignes, photo d'une femelle).
 Photo: Agroscope RAC Changins (D. Quattrocchi).

Fig. 5. Larves du Balanin des châtaignes et du Carpocapse des châtaignes. Les larves du Balanin des châtaignes sont reconnaissables à leur position courbée, leur aspect trapu (court et large) et à l'absence de pseudopodes. La larve produit des excréments très fins (en haut). La larve du Carpocapse des châtaignes est plus élancée et possède des pseudopodes. Ses excréments ont une structure granulaire (en bas). Photo: Agroscope RAC Changins (D. Quattrocchi).

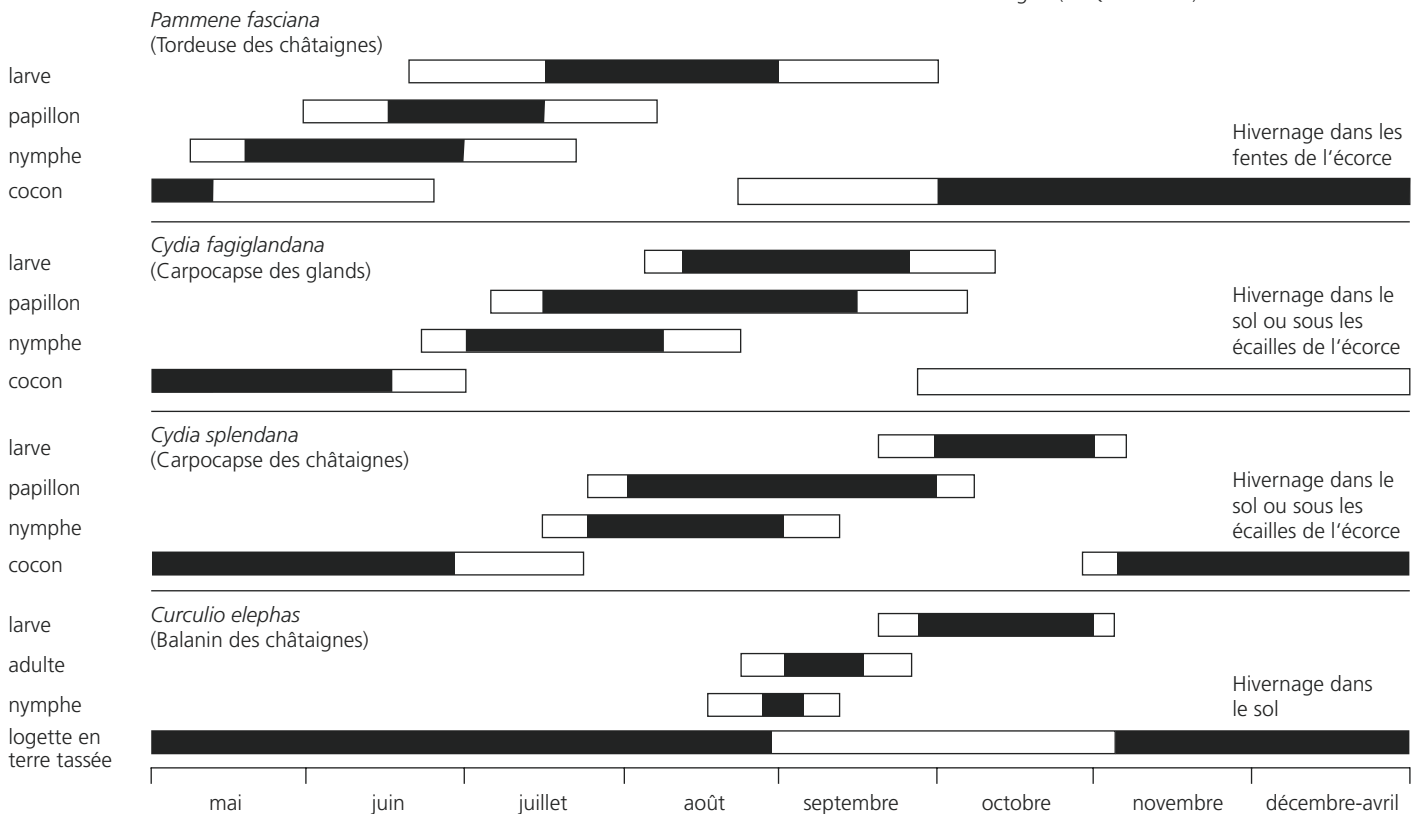


Fig. 6. Principales phases du cycle biologique des parasites de la châtaigne. Sources: ROTUNDO et GIACOMETTI (1986); RIGOTTI (2000).

1986; DE CRISTOFARO et ROTUNDO 1993). En revanche, il est presque absent des régions du nord comme le Piémont (ARZONE *et al.* 1993; ROTUNDO et GIACOMETTI 1986) ou le sud des Alpes suisses, où on ne le rencontre que sur ses hôtes prédestinés, le hêtre et le chêne (BOVEY *et al.* 1975; RIGOTTI 2000). Dans les châtaigneraies du sud de la Suisse, les bogues encore vertes sont avant tout colonisées par la Tordeuse des châtaignes (*P. fasciana*), suivie du Carpacse des châtaignes (*C. splendana*). Les fruits mûrs, en revanche, sont surtout la proie du Balanin des châtaignes (*C. elephas*) et du Carpacse des châtaignes (*C. splendana*) (RIGOTTI 2000).

Seule une larve du Carpacse des châtaignes réussit à se développer et à éclore dans chaque fruit, quel que soit le nombre d'œufs pondus (concurrence intraspécifique, BOVEY *et al.* 1975). En revanche, le Balanin des châtaignes peut provoquer de multiples orifices de sortie suite à l'absence de concurrence intraspécifique. L'ampleur des dégâts dépend aussi de la structure de la bogue qui rend plus ou moins difficile l'accès aux fruits (nombre, longueur et densité des épines). De plus, les femelles du Balanin des châtaignes préfèrent les châtaignes qui offrent aux larves une base alimentaire suffisante (DESOUHANT 1998). Une châtaigne peut être colonisée par ces deux ravageurs (BREISCH 1995) et, dans un cas extrême, l'attaque combinée peut concerner 60 à 70 % des châtaignes (BOVEY *et al.* 1975).

Certaines autres espèces sont des hôtes sporadiques des châtaignes comme le Carpacse des noisettes *Cydia amplana* Hb. (vers rouges) et *Chymomyza amoena* Loew, une mouche des fruits (Drosophilidae), qui colonise occasionnellement les châtaigniers si ceux-ci avoisinent des jardins fruitiers (RIGOTTI 2000).

Champignons

Les châtaignes peuvent être colonisées par différents champignons (Tab. 3). Elles sont infectées au stade de la floraison, ou lorsque les fruits sont tombés à terre (RUTTER *et al.* 1990). Certains champignons vivent en permanence ou pour une période restreinte de façon endophyte; ils colonisent les fruits (mais également d'autres parties et autres tissus des châtaigniers), sans pour autant induire des symptômes de maladie. D'autres pénètrent dans les fruits par les orifices de sortie et les galeries larvaires creusées par les insectes parasites



Fig. 7. Dégâts types causés par la Tordeuse des châtaignes.

L'attaque par *P. fasciana* est facilement reconnaissable grâce à la présence d'excréments sur la bogue, qui ressortent des trous creusés par le parasite (à gauche). Les galeries dans la bogue sont facilement identifiables (à droite). Photo: Agroscope RAC Changins (D. Quattrocchi).



Fig. 8. Dégâts types causés par le Carpacse des châtaignes.

Dans le stade initial, le dommage de *C. splendana* sur l'extérieur du fruit est facilement reconnaissable à de légères traces de galeries sur le hile (à gauche). Dans un stade plus avancé, la châtaigne s'affaisse au niveau du hile (à droite). Photo: Agroscope RAC Changins (D. Quattrocchi).



Fig. 9. Orifices de sortie creusés par les larves du Balanin des châtaignes et du Carpacse des châtaignes. L'orifice de sortie du Balanin des châtaignes (à gauche) est nettement plus grand (3–4 mm) que celui du Carpacse des châtaignes (1,5 mm) (à droite). Sources: BOVEY *et al.* (1975); RIGOTTI (2000).

Photo: Agroscope RAC Changins (D. Quattrocchi).

(BREISCH 1995). La première cause de propagation de champignons dans les fruits sains est liée à un mauvais stockage. Il s'agit avant tout de fruits entreposés avec un péricarpe humide ou mouillé (BREISCH 1995, Fig. 11).

Les variétés de châtaignier et l'emplacement dans la châtaigneraie ne sont cependant pas les seules caractéristiques déterminant l'attaque par les champignons. Les conditions climatiques en période de maturité ainsi que la durée

pendant laquelle les fruits restent à terre ont également une influence considérable.

Le champignon parasite le plus vorace de châtaignes s'appelle *Ciboria batschiana* (Fig. 10), agent responsable de la "pourriture noire des châtaignes et des glands". *C. batschiana* est avant tout connu comme agent pathogène responsable de la pourriture noire des glands, car il peut détruire des récoltes entières de glands (DELATOUR et MORELET

1979). Cependant, il manque encore la preuve scientifique permettant d'établir qu'il s'agit bien de la même espèce de champignon qui colonise les châtaignes. Certes, la morphologie du type de conidies (*Rhacodiella castaneae* Peyr.) et celle des quelques découvertes de marques d'ascomycètes sur les châtaignes correspondent fortement à celles du *C. batschiana*, mais seuls des examens gé-

nétiques pourraient en apporter la preuve irréfutable.

Comme autres champignons parasites très accoutumés des châtaignes, on peut citer deux espèces de *Phomopsis*. *P. endogena* recouvre les cotylédons d'une pourriture brune, et, au stade final, entraîne leur "momification" (RIDÉ et GUDIN 1960). Le champignon colonise les branches, les feuilles, les bogues et

les fruits. L'intensité de l'attaque peut dépendre de la sensibilité variétale et est favorisée par une exposition au soleil et un climat chaud. Avec le réchauffement climatique, *P. endogena* devrait par conséquent gagner en importance. On a récemment identifié en Australie *P. castanea* comme agent responsable de la pourriture dans les stocks de châtaignes (*C. sativa*) et comme endophyte ne laiss-

Tab. 3. Les plus fréquents champignons parasitant les châtaignes. Sources: BISSEGER et SIEBER (1994); BREISCH (1995); DELATOUR et MORELET (1979); RIDÉ et GUDIN (1960).

Nom scientifique, synonymes, nom vulgaire	Voies d'infection et description des symptômes
<i>Ciboria batschiana</i> (Zopf.) Buchwald [Anam. <i>Rhacodiella castaneae</i> Peyr.] Synonymes: <i>Sclerotinia pseudotuberosa</i> Rehm, <i>Hymenoscypha pseudotuberosa</i> Phill., <i>Stromatinia pseudotuberosa</i> Boud., <i>Ciboria pseudotuberosa</i> Rehm, <i>Peziza pseudotuberosa</i> Rehm	Endophyte qui peut aussi coloniser les fruits à terre par les stigmates, les styles et zones poreuses du hile, ainsi que par les galeries creusées par les insectes. Les cotylédons attaqués se rétrécissent et deviennent des pseudosclérotés noirs, amorphes, qui sont les organes de résistance du champignon. Une année plus tard, ces organes donnent naissance à des fructifications en forme de cupule qui produisent les ascospores, responsables de l'infection des fruits frais. Les pseudosclérotés peuvent demeurer pendant plusieurs années (jusqu'à 4 ans selon DELATOUR et MORELET 1979). La sporulation dépend des conditions climatiques. Un temps humide favorise l'attaque mais des étés très secs la réduisent fortement.
<i>Phomopsis endogena</i> (Speg.) Cifferi Synonymes: <i>Phomopsis viterbensis</i> Camici, <i>Phoma endogena</i> Speg.	A partir de mars, les pycnides apparaissent sur la torche des fruits de l'année précédente ou sur des branches mortes. Les bogues sont infectées à travers les blessures ou les trous de sortie des tordeuses, où le champignon entre en concurrence avec <i>B. cinerea</i> . <i>P. endogena</i> fructifie en septembre sur la paroi interne des bogues, depuis laquelle les spores infectent les fruits par le hile ou la torche. Sur les branches, il provoque de légers chancres. La température optimale de croissance du champignon se situe autour de 27 °C, mais il se développe aussi à 35 °C. Lors du stockage, le champignon peut coloniser les fruits sains soit par le mycélium soit par les conidies, provoquant ainsi une aggravation des dégâts. Les cotylédons attaqués prennent la couleur blanche du gypse et une cavité se forme entre le péricarpe et les cotylédons. Il en résulte que les fruits parasités sont plus mous que les fruits sains.
<i>Phomopsis castanea</i> (Sacc.) Höhn. Momification des châtaignes	Endophyte qui peut être présent dans l'ensemble des tissus du châtaignier et ne laisse transparaître aucun symptôme. Les organes reproductifs sont colonisés de façon particulièrement intensive. L'infection des fruits se déroule probablement de façon endophyte par la torche. Les symptômes (s'ils apparaissent) sont similaires à ceux de <i>P. endogena</i> .
Différentes espèces de <i>Penicillium</i> , par exemple <i>P. expansum</i> Link Pourriture verte	Sur les cotylédons (et en présence d'une grande humidité également à l'extérieur du péricarpe) des fruits parasités se forme une couche verte, farineuse comprenant une infinité de spores (conidies), qui peuvent infester des fruits frais lors du stockage.
<i>Botrytis cinerea</i> Pers. Pourriture grise	Les fruits sont colonisés à travers les galeries creusées par les larves d'insectes où <i>Botrytis cinerea</i> entre en concurrence avec <i>P. endogena</i> . Les cotylédons s'amollissent et sont recouverts d'un mycélium grisâtre.
Espèces de <i>Mucor</i> , par exemple <i>M. hiemalis</i> Wehmer, <i>M. heterosporus</i> Fischer, <i>M. globosus</i> Fischer Moisissure à tête noire	Les cotylédons deviennent mous et visqueux, ils sont recouverts d'un mycélium grisâtre, sur lequel se forment des sporanges gris ou noirs, en forme de boule (binoculaire).
<i>Acrospeira mirabilis</i> Berk. et Broome	Les cotylédons sont recouverts d'un mycélium doux et gris avec un amas bruns de conidies. Cela peut entraîner de grosses pertes.
<i>Trichothecium roseum</i> (Pers.) Link	Cotylédons recouverts d'un épais mycélium rose pâle.
<i>Fusarium oxysporum</i> Schltdl.	Cotylédons recouverts d'un fin mycélium incolore.
<i>Wardomyces columbinus</i> (Demelius) Hennebert	Cotylédons recouverts d'un mycélium lâche, gris.
<i>Clonostachys rosea</i> (Link) Schroers, Samuels, Seifert et W. Gams Synonyme: <i>Gliocladium roseum</i> Bainier	Mycélium sur les cotylédons, épais, orange vif.
<i>Amphiportha castanea</i> (Tul. et C. Tul.) M.E. Barr Synonyme: <i>Cryptodiaportha castanea</i> (Tul. et C. Tul.) Wehm.	Endophyte à la biologie similaire à <i>Phomopsis castanea</i> . Les cotylédons attaqués sont de couleur ocre pâle orange avec une intense formation de pycnides.

sant transparent aucun symptôme dans les fleurs, les feuilles, les pousses et les fruits (WASHINGTON *et al.* 1997). La présence du *P. castanea* ou du *P. endogena* n'a pas encore été clairement établie en Suisse, même si d'autres représentants du genre *Phomopsis* sont présents, même de façon rare, que ce soit comme colonisateurs de fruits ou endophytes dans l'écorce. (BISSEGGER et SIEBER 1994).

Les conditions climatiques et les conditions de conservation peuvent rendre occasionnellement certains autres champignons nocifs. *Botrytis cinerea* colonise les fruits lors des étés humides en utilisant les galeries des trois tordeuses *Pammene fasciana*, *Cydia fagiglandana* et *C. splendana* (BREISCH 1995).

Certaines espèces de *Penicillium* (Fig. 11) et de *Mucor* posent de graves problèmes lorsque les fruits sont mal stockés car elles se développent vite et produisent une énorme quantité de spores que l'on retrouve partout, que ce soit dans les airs ou à même le sol. Des fruits mal séchés ou placés dans des chambres réfrigérées mal réglées peuvent moisir en un temps record. Il n'est pas rare de trouver le champignon *Penicillium expansum* dans les stocks de châtaignes, car il peut encore grandir à une température de +2° C (BREISCH 1995; PRATELLA 1994).

Des études spécifiques nous révèlent que les espèces précitées *C. batschiana*, *Phomopsis* spp., et certaines espèces de *Mucor* et de *Penicillium* ne sont pas les seules à coloniser les fruits qui viennent de tomber des arbres. S'y ajoutent assez fréquemment *Amphiporthe castanea*, *Geomyces pannorum*, *Acrospeira mira-*

bilis, *Trichothecium roseum*, *Wardomyces columbinus*, *Clonostachys rosea* et *Fusarium oxysporum*. Les connaissances sur l'épidémiologie de la plupart de ces champignons colonisateurs de châtaignes restent très limitées. Nous connaissons seulement le rôle de *Amphiporthe castanea*, réputé comme l'endophyte le plus commun de l'écorce des rejets de souches (BISSEGGER et SIEBER 1994). Ce champignon a probablement un comportement similaire à celui du *Phomopsis castanea*.

Récolte

Principes généraux

Lorsque les châtaignes arrivent à maturité, la bogue s'ouvre normalement en quatre valves et libère les fruits. Les fruits atteignent la maturité à différents moments, que l'on prenne en compte un seul arbre, des arbres différents de la même variété ou encore différentes variétés. La chute des fruits mûrs s'échelonne ainsi sur plusieurs semaines (ROMANO *et al.* 1989).

En vue d'une récolte optimale, il faut veiller à respecter les points suivants sur le plan phytosanitaire:

- Entretenir et nettoyer le sol (enlever les branches tombées, faucher l'herbe) dans la châtaigneraie; on distinguera plus facilement les fruits et les bogues épineux jonchant le sol (surtout s'il s'agit d'une récolte manuelle).
- Récolter les fruits le plus rapidement possible après leur chute, si possible chaque jour, afin d'éviter qu'ils ne soient infectés par les champignons ou ne se dessèchent.

- Parer aux blessures des fruits pendant la récolte. Un dommage minime, comme la rupture de la torche, peut ouvrir la voie à une infection fongique (MONARCA *et al.* 2002).

- Enlever les fruits inutilisables (fruits verts, vides, colonisés par les larves d'insectes, ou de petite taille), les bogues et la litière car cela réduit d'autant la présence de spores fongiques et de larves d'insectes dans la châtaigneraie.

Aspects techniques

La récolte est aujourd'hui l'opération la plus coûteuse de la production de châtaignes. Elle peut représenter à elle seule jusqu'à 60 % du prix de vente. Les méthodes de récolte peuvent être regroupées en trois catégories (MONARCA 1996; BREISCH 1993a, 1993b):

- *Récolte manuelle directe*: Elle est effectuée directement par les travailleurs à l'aide de râtaux, de bâtons, de pinces et de gants de protection. La productivité varie alors considérablement (de 5 à 30 kg/h) selon la taille des châtaignes, l'emplacement et la propreté du terrain.

- *Récolte manuelle à l'aide de filets*: En cas de terrain en pente, les châtaignes sont récoltées grâce à des filets larges de quatre à six mètres étendus sous les arbres en direction de la pente. Dans les contrées de plaines, les filets sont attachés à des piquets métalliques ou fixés à même les arbres à hauteur de 1,2 à 2,6 m (variante sur terrain plat, Fig. 12).

- Les filets rendent la récolte plus rapide; ils permettent des passages plus fréquents, parfois même journaliers. Le

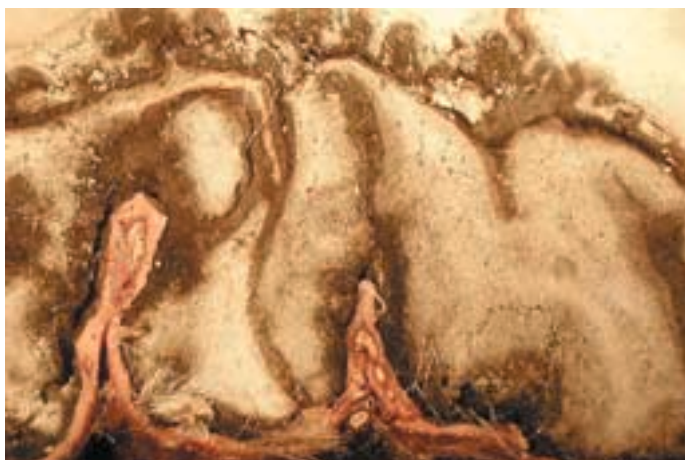


Fig. 10. Châtaigne atteinte de pourriture noire des châtaignes. Couleur noire typique, apparue suite à l'attaque de *Ciboria batschiana*. Agrandissement x8, Photo: Agroscope RAC Changins Centro di Cadenazzo (M. Jermini).

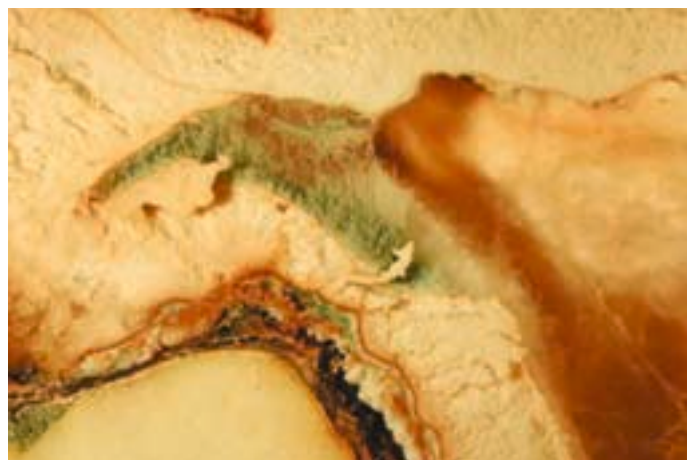


Fig. 11. Châtaigne atteinte de pourriture verte. Développement d'un mycélium feutré et de couleur verdâtre d'un champignon de l'espèce *Penicillium* sur une châtaigne conservée en entreposage frigorifique. Agrandissement x8, Photo: Agroscope RAC Changins Centro di Cadenazzo (M. Jermini).

fruit sera moins sujet à blessures dans des filets suspendus, il ne se salit pas et bogues et feuilles peuvent être enlevées plus facilement. Néanmoins, les filets coûtent cher et peuvent être endommagés par les animaux sauvages.

– *Récolte mécanique*: Les prototypes mis au point à ce jour pour la récolte de châtaignes sont des variantes des machines de récolte pour les fruits à coque et peuvent être regroupés dans les deux catégories suivantes: machines à aspiration (le produit est aspiré à travers des tuyaux) et machines à balayage (les fruits sont rassemblés à l'aide de brosses).

Les récoltes ont en grande partie encore lieu avec le système manuel traditionnel. L'utilisation de filets n'est que restreinte.

La récolte mécanique est encore rare. Les châtaigneraies traditionnelles la rendent difficile: accès non facilité, terrain en pente ou inégal, présence de végétation spontanée, pierres, échelonnement de la chute de châtaignes sur une longue période etc... (ROMANO *et al.* 1989).

En revanche, l'utilisation de filets, surtout s'il s'agit de filets suspendus, est plus efficace. La récolte est rapide, les châtaignes subissent moins de blessures (surtout dans les terrains pierreux), il est aussi plus facile d'enlever les déchets. Ce qui est plus difficile en revanche, c'est d'installer et de tendre les filets. Ils doivent être disposés de façon à pouvoir contenir la masse de bogues et de fruits pendant la récolte. L'intervalle entre deux récoltes ne doit pas dépasser deux

à trois jours surtout quand la majeure partie des fruits tombe: le poids des fruits peut réduire l'élasticité des filets. Des filets trop tendus peuvent éjecter les fruits en dehors des mailles.

Le traitement après la récolte

Principes généraux

La récolte terminée, les fruits doivent être traités aussi vite que possible, afin que des processus de modification, comme la fermentation ou le dessèchement, ne soient pas encouragés par le métabolisme accru des châtaignes éventuellement combiné avec de mauvaises conditions de stockage (CAVARGNA 1992). L'ensemble des traitements a pour but de conserver, aussi longtemps que possible après la récolte, les qualités gustatives et la valeur nutritive des fruits. A cet effet, le métabolisme des châtaignes est réduit, les agents pathogènes sont alors bloqués ou gênés par ces conditions qui tournent à leur désavantage (GIACALONE et BOUNOUS 1993).

Aspects techniques

Aux techniques traditionnelles de traitement, probablement nées en même temps que la culture des châtaignes (séchage pour la conservation à sec, en tas couvert de feuilles (molon) pour la conservation des fruits frais) sont venues s'ajouter, au cours des siècles derniers, quelques techniques industrielles développées en vue de la conservation de grandes quantités de châtaignes fraîches. Le traitement industriel des châtaignes comporte des opérations qui, tout

en étant simples, se doivent d'être dosées et combinées avec une extrême habileté et une extrême minutie afin d'éviter que toute une partie du produit ne soit abîmée. La Figure 13 montre le déroulement industriel de la conservation des châtaignes fraîches, tandis que dans le Tableau 4 sont brièvement décrites les différentes phases du traitement ainsi que ses objectifs.

Un trempage en eau froide (également connu sous le nom d'hydrothérapie froide, voir les Fig. 14 et 15) et une thermisation (appelée également trempage en eau chaude, hydrothérapie chaude ou encore thermohydrothérapie) s'excluent normalement et ne sont que rarement utilisés successivement. Les deux méthodes présentent des avantages comme des inconvénients (Tab. 5, Fig. 16).

Le choix parmi ces deux possibilités dépendra avant tout de la structure de l'entreprise, de la main-d'oeuvre disponible et de la demande sur le marché. Pour chacune de ces deux méthodes, une procédure dans les règles de l'art est déterminante: un mauvais dosage eau/châtaignes ou un bain d'eau froide trop long peuvent par exemple favoriser l'absorption de substances tanniques par la chair avec une possible modification du goût de la châtaigne. Des températures trop élevées lors de la thermisation peuvent donner lieu à une dénaturation des protéines du fruit. Une thermisation trop longue quant à elle peut entraîner une cuisson excessive non voulue du fruit et nuire à sa conservabilité. L'essuyage après le traitement est également un élément déterminant parce qu'il n'est



Fig. 12. Récolte avec des filets tendus. Surface de récolte avec des filets dans une châtaigneraie moderne en France. Photo: Agroscope RAC Changins Centro di Cadenazzo (A. Sassella).

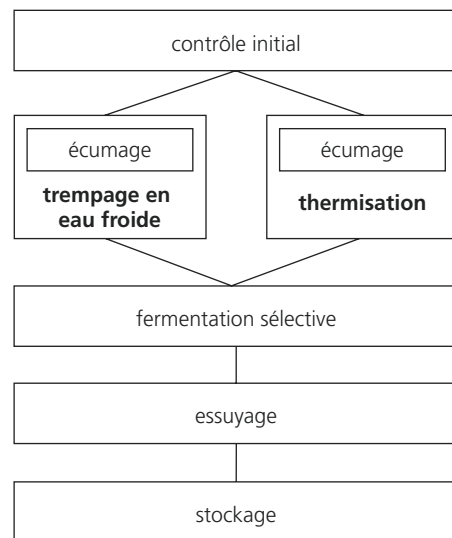


Fig. 13. Représentation schématique des phases de transformation des châtaignes fraîches après la récolte.

Tab. 4. Opérations pour la conservation des châtaignes fraîches après la récolte. Sources: ANELLI et MENCARELLI (1992); CAVARGNA (1992); FADANELLI *et al.* 1995; GIACALONE et BOUNOUS (1993); PRATELLA 1994.

Opération	Objectif	Caractéristiques/Procédure
Contrôle à la livraison	Contrôle de la qualité de la marchandise livrée	Contrôles d'échantillons de la marchandise à l'aide de différentes méthodes, en fonction de la confiance accordée au livreur et des problèmes liés à la production (années à problèmes). Il est particulièrement important de vérifier que les châtaignes ne sont ni chaudes ni humides; ce que l'on appelle échauffement est un symptôme des infections fongiques liées à un mauvais stockage ou à un stockage trop long de la marchandise avant livraison. Après le contrôle de la fraîcheur a lieu le contrôle de la grosseur (calibrage) pendant lequel on établit le nombre de fruits moisissés et véreux (coupe de quelques châtaignes).
Ecumage	Elimination des châtaignes abîmées	Trempage rapide des châtaignes dans l'eau et séparation par flottaison des fruits qui ne sont pas mûrs, sont desséchés ou parasités par des champignons ou insectes (Fig. 14). Cette technique est généralement combinée à d'autres opérations (trempage en eau froide, thermisation).
Thermisation/Bain d'eau chaude (thermohydrothérapie)	Blocage du développement des larves des insectes déjà présentes dans les châtaignes et augmentation de la conservabilité des fruits	Cette méthode de désinsectisation fut introduite dans les années 30 pour l'exportation outre-mer (avant tout aux Etats-Unis) et s'assimile, pour beaucoup d'entreprises, à un traitement de routine. C'est la méthode la plus efficace contre les parasites, et en particulier contre le Balanin des châtaignes (<i>Curculio elephas</i> Gyll.). La thermisation consiste en un trempage des châtaignes dans de l'eau à 48–50 °C pendant environ 45 minutes. La limite de 50° C ne doit en aucun cas être dépassée, afin de ne pas risquer une dénaturation des protéines du fruit. Juste après, les fruits doivent être immergés dans de l'eau froide pendant une période de 8 à 12 heures, afin de bloquer le processus d'échauffement et ramener la température au niveau de la température ambiante.
Trempage en eau froide (hydrothérapie)	Augmentation de la conservation des fruits et blocage du développement des larves d'insectes	Méthode traditionnelle de conservation qui consiste en l'immersion des châtaignes dans de l'eau froide pendant 5–8 jours (rapport châtaigne/eau 2:3). La durée évolue au cas par cas et seul l'œil de l'expert peut reconnaître quand la production de mousse (petites bulles de CO ₂ , Fig. 15) peut être qualifiée d'achevée. Cette cure réduit le métabolisme cellulaire dans le fruit, induisant une sorte d'état d'inactivité. Dans ces conditions d'anaérobiose se développent des microorganismes capables d'effectuer une fermentation lactique au détriment des sucres présents dans le fruit. Ce processus élimine le substrat nutritif des pourritures et multiplie par 3 ou 4 la durée de conservation des châtaignes. Cette méthode existe avec différentes variantes, surtout en ce qui concerne le renouvellement de l'eau: certains préfèrent la réutiliser, d'autres renouvellent la moitié du volume d'eau chaque jour, d'autres encore trempent les châtaignes sous un flot d'eau continu. Dans d'autres cas, on ajoute encore à l'eau des substances chimiques additionnelles. Ces variantes n'apparaissent cependant que très rarement au niveau industriel.
Fermentation sélective	Elimination des fruits malades et pourrissants	Après le trempage en eau froide (ou après la thermisation), les châtaignes encore humides sont rassemblées en un gros tas. Le processus d'échauffement qui succède n'endommage pas les châtaignes saines, mais accélère au contraire la décomposition des fruits déjà colonisés par des agents pathogènes. Ces fruits abîmés sont recouverts d'une couche blanche d'hyphes (<i>Penicillium</i> sp., <i>Botrytis</i> sp., etc.) et peuvent par là-même facilement être repérés et éliminés.
Ressuyage	Retour de la teneur en eau des châtaignes au niveau de celle des fruits frais	C'est une opération très coûteuse au cours de laquelle les châtaignes sont retournées quotidiennement. Elles sont entreposées en couches de 30–40 cm d'épaisseur sur support poreux, dans des chambres bien aérées. Cette opération, qui permettait également la sélection manuelle des châtaignes endommagées est aujourd'hui plus souvent remplacée par des systèmes de grandes caisses qui s'auto-vident, contrôlés mécaniquement à distance par des chariots élévateurs. Le processus d'essuyage peut être contrôlé de façon empirique grâce à l'évaluation de l'état des fruits. Leur écorce doit apparaître, à l'extérieur, sèche et brillante; si l'on découpe la châtaigne, sa chair doit briller et être légèrement humide. L'épisperme est quant à lui presque sec; la pilosité sur la paroi interne de l'enveloppe du fruit est légèrement humide, mais, en passant son doigt dessus, l'on ne ressent plus cette humidité. Nos études expérimentales ont démontré que les fruits qui remplissent ces critères ont une teneur en eau évoluant entre 54 et 57%, idéale pour la conservation ultérieure.

pas rare que des châtaignes trop humides soient déjà infestées de champignons pendant la conservation (BREISCH 1993a).

A ces deux techniques de travail du fruit s'ajoutent d'autres méthodes également possibles (fumigation au bromure de méthyle ou traitement avec une forte concentration de CO₂) présentant de nombreux avantages car les fruits ne doivent pas être séchés après le traitement (ANELLI et MENCARELLI 1992; FADANELLI *et al.* 1995). Nous n'entrerons ici pas plus avant dans les détails car les investissements nécessaires sont relativement élevés.

Conservation

Principes généraux

Le traitement terminé, les fruits sont stockés dans des conditions optimales afin qu'ils restent frais et sains. Tout comme le traitement après la récolte, les conditions de stockage favorisent la réduction du métabolisme des châtaignes et la conservation de la turgescence, mais empêchent également le développement de champignons. Le stockage devrait être conçu de façon telle que les fruits soient bien accessibles et visibles. Le contrôle n'en serait que plus aisé.

Aspects techniques

Le stockage industriel des châtaignes se fait le plus souvent dans des chambres réfrigérées. Le refroidissement industriel a lieu en général dans des chambres bien aérées, avec des températures évoluant entre 0 et 2° C et une humidité de l'air comprise entre 90 et 95% (GIACALONE et BOUNOUS 1993). Environ tous les 7 jours, les fruits sont remués et contrôlés à la leur des critères phytosanitaires.

Selon le traitement effectué, le poids et la teneur en eau évoluent de façons différentes pendant la conservation au froid. Contrairement aux fruits rapidement plongés dans l'eau en vue de les nettoyer et de les écumer, la perte de

Tab. 5. Avantages et inconvénients des deux variantes de l'hydrothérapie.

	Trempage en eau froide	Thermisation
Avantages	La chair du fruit devient plus compacte et plus consistante	Procédé relativement rapide
	Favorise la turgescence des fruits	Blocage complet du développement des larves de parasites des fruits
	Elimination des fruits desséchés ou fortement colonisés par les pourritures ou par des parasites des fruits	Favorise la turgescence des fruits (même si cela n'est pas tout à fait aussi marqué qu'avec le trempage en eau froide)
	Amélioration considérable de la conservation des fruits grâce à la réduction des hydrates de carbone solubles dans l'eau	Elimination des fruits desséchés ou fortement colonisés par les pourritures ou par des parasites des fruits
	Les fruits sont plus faciles à éplucher	Amélioration de la conservation des fruits (même si cela est de façon moins marquée qu'avec le trempage en eau froide)
		Les fruits sont plus faciles à éplucher
Inconvénients	Besoin de beaucoup d'espace	Ne bloque pas le produit pendant plus de 48 heures
	Bloque le produit pendant au moins dix jours	Nécessite un minimum d'équipement technique et de main-d'oeuvre
	Les châtaignes doivent être séchées après le traitement	Les châtaignes doivent être séchées après le traitement
		Aucune réduction significative des hydrates de carbone solubles dans l'eau, par conséquent, la durée de conservation ne sera pas aussi longue que pour le trempage en eau froide
	Le développement des larves, notamment du Balanin des châtaignes, n'est pas totalement stoppé	
	Les châtaignes ont tendance à perdre de leur brillant naturel	



Fig. 14. Châtaignes laissées dans un bain d'eau froide. Les châtaignes remontant à la surface sont écumées ou évacuées et vendues ensuite pour servir de fourrage (Photo: Agroscope RAC Changins A. Sassella).

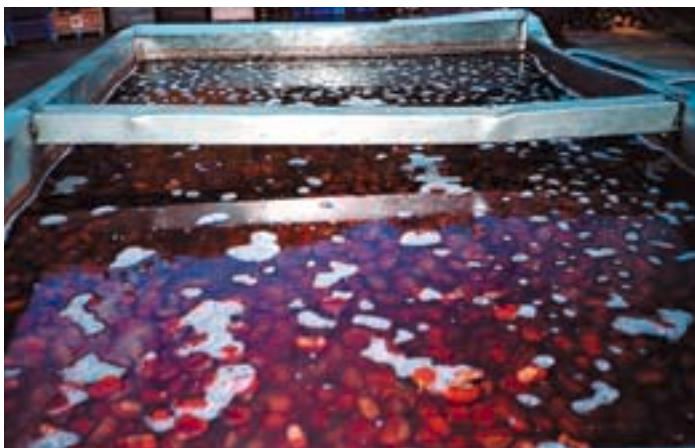


Fig. 15. Châtaignes dans un bain d'eau froide. Formation caractéristique de petites bulles de dioxyde de carbone pendant le traitement à l'eau froide. Photo: WSL Sottostazione Sud delle Alpi (M. Conedera).

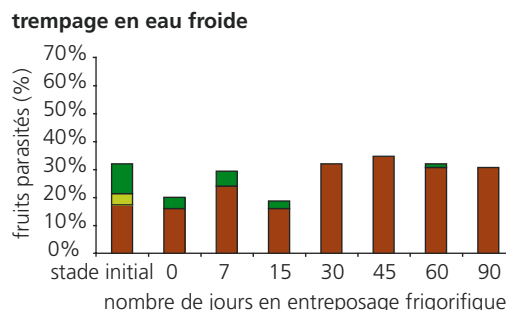
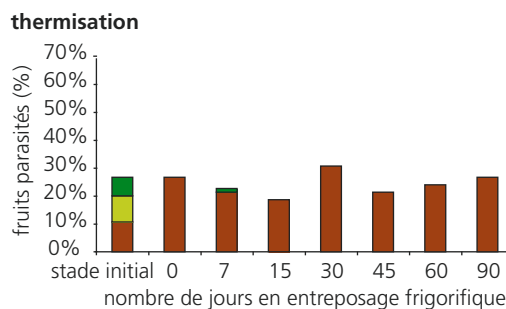
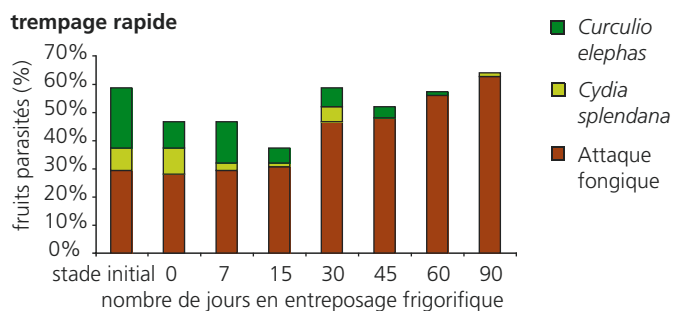


Fig. 16. Effets du traitement sur la présence d'insectes et de pourriture. Présence de larves vivantes d'insectes et de pourritures des fruits après un stockage plus ou moins long dans une chambre réfrigérée, suivi d'une incubation de 21 jours à une température de 25° C et à une humidité relative de 70%.

Précision: «Trempage rapide» représente la variante de référence qui consiste en un trempage rapide (5 min.) des châtaignes dans un bain d'eau, suivi du retrait ou de l'écumage des fruits verts, desséchés ou parasités, qui remontent à la surface de l'eau.

pois et d'eau des fruits soumis au trempage à l'eau froide est minimale, celle des fruits thermisés lui est en revanche quelque peu supérieure. L'effet hydratant des traitements varie selon l'année des châtaignes et leur teneur initiale en eau (Fig. 17).

Pendant la conservation à basse température a lieu une réduction de la teneur en amidon et, parallèlement, une augmentation continue du saccharose (NOMURA *et al.* 1995; BASSI *et al.* 2002). Le début et le déroulement de ce processus peuvent évoluer en fonction de la variété et du type de traitement sélectionné. L'augmentation de la teneur en saccharose donne une saveur encore plus sucrée lors de la dégustation du fruit. Même si la teneur en saccharose n'est pas l'unique facteur responsable du goût, des fruits sucrés seront généralement plus agréables en bouche (NOMURA *et al.* 1995; BASSI *et al.* 2002).

Des températures de conservation inférieures au degré de congélation peuvent pallier le développement de champignons: de telles conditions sont cependant beaucoup plus complexes sur le plan technique et ne sont pas sans risque pour la qualité des produits (BREISCH 1993a). Les expériences effectuées jusqu'à présent confirment qu'une conservation normale grâce à un refroidissement à des températures entre 0 et 2 °C, succédant à la thérapie ou à l'hydrothérapie, garantit une bonne conservation du produit ainsi qu'un contrôle du développement de la pourriture pour une période de stockage allant jusqu'à 90 jours, voire plus (CAVARGNA 1992).

Il existe également d'autres méthodes de conservation qui peuvent en partie éviter le recours aux traitements après la récolte. L'une d'entre elles, testée avant tout en France (BERGOUIGNOUX *et al.* 1998), est celle du stockage dans une atmosphère contrôlée. Cette méthode repose sur les modifications des teneurs en oxygène et en dioxyde de carbone dans l'air de la chambre réfrigérée (exemple: température entre 0 et 2° C, 95% d'humidité, 2% d'oxygène, 20% de dioxyde de carbone; ANELLI et MENCARELLI 1992; BREISCH 1993a). Les essais effectués jusqu'à nos jours ont fait apparaître des résultats plus que prometteurs, bien qu'à l'heure actuelle, il n'existe encore aucun rapport définitif et applicable de façon générale (GIACALONE et BOUNOUS 1993). Une autre technique est celle de la congélation en vue d'une conservation à long terme des châtaignes

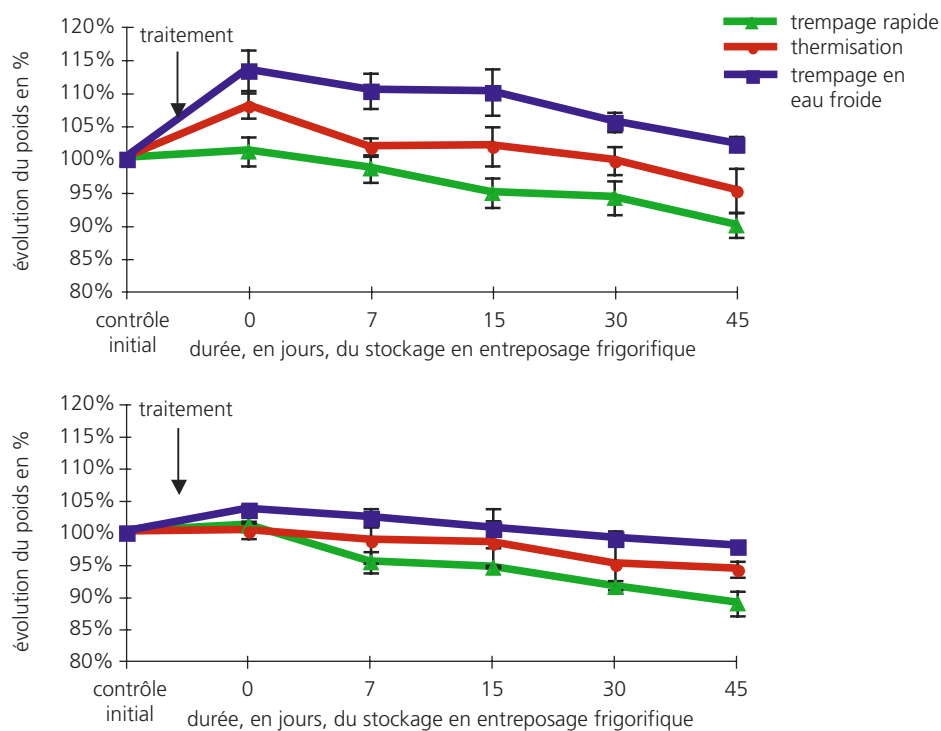


Fig. 17. Evolution du poids des fruits pendant leur stockage en entreposage frigorifique, en fonction de la méthode de traitement utilisée. En haut: Récolte 2000 (quatre répétitions). En bas: Récolte 2001 (quatre répétitions).

jusqu'à une année) à des températures de $-18/-20^{\circ}\text{C}$ et en présence d'une humidité de l'air de 80–90%. On a recours à cette technique pour des produits de première qualité, spécialement destinés à l'industrie des confiseries. Cette méthode peut s'appliquer à des fruits entiers mais aussi à des fruits épluchés (GIACALONE et BOUNOUS 1993). Cependant, ces deux procédés sont relativement techniques et coûteux.

Conclusion

La châtaigne fraîche est un produit de qualité supérieure mais facilement périssable. Elle ne conserve sa valeur que si la filière productive fonctionne parfaitement, de la production en tant que telle (gestion de la châtaigneraie, récolte) à la vente (traitement après la récolte, conservation et transport). Les méthodes de conservation sont quant à elles primordiales. Les châtaignes qui ont été traitées de façon appropriée dans un trempage à l'eau froide, ou qui sont passées par la thermisation, conservent leur teneur en eau plus longtemps que les fruits non traités ou simplement lavés dans un bain d'eau (trempage rapide, Fig. 17). C'est ce qui permet aux

consommateurs d'avoir plus de fruits succulents, sans larves ni pourritures, même après deux mois de conservation. La différence devient indéniable lorsque l'acheteur ne consomme pas ses châtaignes de suite mais les conserve pendant plus d'une semaine. C'est pendant cette période que les dommages sur les fruits non traités se multiplient et apparaissent le plus à l'œil nu (larves et pourriture intérieure des fruits à l'aspect extérieur sain) (Fig. 16). Le gain net de la marchandise qui peut encore être valorisée évolue entre 10% (après 15 jours de conservation) et 25% (après 60 jours) pour la variante *trempage en eau froide* et légèrement moins pour la variante *thermisation* (CONEDERA *et al.* 2004). Les traitements des châtaignes consécutifs à la récolte ne doivent par conséquent pas être considérés comme une dépense supplémentaire mais comme un investissement nécessaire. Le producteur sera gagnant grâce à des quantités accrues et une qualité supérieure des fruits, le consommateur profitera d'un plus grand nombre de fruits comestibles sur la quantité achetée. Une technique de conservation professionnelle permet à la vente des produits de se dérouler sur une plus longue période et d'être mieux adaptée à la demande.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Jenny Sigot pour la traduction française et Myriam Rouvés, de la Station expérimentale de Creysse, pour la révision du manuscrit français.

Bibliographie

- ANELLI, M.; MENCARELLI, F., 1992: Aspetti innovativi dei trattamenti conservativi delle castagne. Atti del Convegno nazionale sulla castanicoltura da frutto. Avellino, 21 e 22 ottobre 1988. Camera di commercio industria, artigianato, agricoltura. 343–350.
- BÄNZIGER, E.; BURI, F., 2003: Kastanien. Lenzburg, Edizioni Fona. 124 p.
- ARZONE, A.; ALMA, A.; BONELLI, S.; GALLIANO, A.; ASCHERI, B., 1993: Indagini sui principali insetti delle castagne in Piemonte. In: ANTOGNOZZI, E. (ed) International Congress on chestnut, Spoleto, Italy. 617–620.
- BASSI, D.; CASIRAGHI, M.C.; MAGNANI, I.; VERCESI, A.; DELAIDELLI, G., 2002: Effetto dei trattamenti post-raccolta e dei metodi di conservazione sulla qualità delle castagne. In: Atti del convegno nazionale sul castagno 2001, Marradi 25–27 ottobre 2001. 244–249.
- BERGOUIGNOUX, F.; VERLHAC, A.; VERLHAC, O.; SOUTY, M.; BREISCH, H.; BOIN, J., 1998: Conservation, transformation et utilisation des châtaignes et marrons. *Invuflec Malemort*. 100 p.
- BISSEGGGER, M.; SIEBER, T.N., 1994: Assemblages of endophytic fungi in coppice shoots of *Castanea sativa*. *Mycologia* 86, 5: 648–655.
- BOVEY, P.; LINDER, A.; MÜLLER, O., 1975: Recherches sur les insectes des châtaignes au Tessin (Suisse). *Schweiz. Z. Forstwes.* 11: 781–820.
- BOUNOUS, G.; BOTTA, R.; BECCARO, G., 2000: Dalle castagne una sferzata di energia: valore nutritivo e pregi alimentari. Associazione per la valorizzazione della castagna, Cuneo, 20 p.
- BREISCH, H., 1993a: Harvest, storage and processing of chestnuts in France and Italy. In: ANTOGNOZZI, E. (ed) International Congress on chestnut, Spoleto, Italy. 20–23 October 1993. 429–436.
- BREISCH, H., 1993b: Le verger de châtaignier, une culture à part entière. *L'arboriculture fruitière* 458: 33–38.
- BREISCH, H., 1995: Châtaignes et marrons. Paris, Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. 239 p.
- CAVARGNA, M., 1992: La lavorazione del frutto fresco. Atti del Convegno nazionale sulla castanicoltura da frutto. Avellino, 21 e 22 ottobre 1988. Camera di commercio industria, artigianato, agricoltura. 351–365.
- CONEDERA, M.; JERMINI, M.; JELMINI, G.; SASSELLA, A.; KÜNSCH, U.; SCHÄRER, H.; PATRIAN, B.; HÖHN, E., 2002: Analisi chimica e sensoriale di differenti varietà di castagne. In: BELLINI, E. (ed) Atti del «Convegno Nazionale Castagno 2001», Marradi (Firenze) 25–27 ottobre 2001. 268–280.
- CONEDERA, M.; JERMINI, M.; SASSELLA, A., 2004: Il problema delle nostre castagne. *Forestaviva* 33: 8–12.
- DELATOUR, C.; MORELET, M., 1979: La pourriture noire des glands. *Rev. for. fr.* 31, 2: 101–115.
- DELFS-SIEMER, U., 1993: Ergebnisse zur Thermo-therapie von Eichel und Bucheckern. *Allg. Forst- Jagdztg.* 18: 927–930.
- DE CRISTOFARO, A.; ROTUNDO, G., 1993: Chestnut fruit insect pests in the Campania Region (Southern Italy): Biology and damages. In: ANTOGNOZZI, E. (ed) International Congress on chestnut, Spoleto, Italy. 625–630.
- DESMAISON, A.M.; ADRIAN, J., 1986: La place de la châtaigne en alimentation. *Médecine et Nutrition* 22, 3: 174–180.
- DESOUHANT, E., 1998: Selection of fruits for oviposition by the chestnut weevil, *Curculio elephas*. *Entom. exp. appl.* 86: 71–78.
- FADANELLI, L.; CHEMOLLI, M.; CONCINI, S., 1995: La conservazione delle castagne: sistemi e formule applicative. Atti del convegno «Incontro tecnico sul castagneto da frutto», Roncigno, 29 ottobre 1994. Quaderni di esperienze e ricerche, S. Michele all'Adige (TN) 2: 43–50.
- GIACALONE, G.; BOUNOUS, G., 1993: Tradizioni ed innovazioni nella trasformazione e nell'utilizzo delle castagne. *Monti boschi* 44, 5: 33–41.
- KÜNSCH, U.; SCHÄRER, H.; PATRIAN, B.; HURTER, J.; CONEDERA, M.; SASSELLA, A.; JERMINI, M.; JELMINI, G., 1998: Qualitätsanalysen an Tessiner Kastanien. *Agrarforschung* 5: 485–488.
- MCCARTHY, M.A.; MEREDITH, F.I., 1988: Nutrient Data on Chestnuts Consumed in the United States. *Economic Botany* 42: 29–36.
- MONARCA, D., 1996: la meccanizzazione della raccolta meccanica delle castagne. *Macchine e Motori agricoli* 4: 24–31.
- MONARCA, D.; BIONDI, P.; PANARO, V., 2002: Introduzione di nuove tecniche di raccolta meccanica ed influenza sulla qualità delle castagne. In: Atti del convegno nazionale sul castagno 2001, Marradi 25–27 ottobre 2001. 156–161.
- NOMURA, K.; OGASAWARA, Y.; UEMUKAI, H.; YOSHIDA, M., 1995: Change of sugar content in chestnut during low temperature storage. *Acta Hort.* 398: 265–276.
- PRATELLA, G.C., 1994: Note di bio-patologia e tecnica della conservazione e trasporto: marroni e castagne. *Rivista di Frutticoltura* 56, 4: 75–77.
- RIDÉ, M.; GUDIN, C., 1960: Sur la biologie de quelques champignons parasites de la châtaigne et plus particulièrement de *Phoma endogena* (Speg.). *Comptes rendus des séances de l'Académie d'Agriculture de France* 46: 536–543.
- RIGOTTI, S., 2000: Analisi delle infestazioni da insetti (*Pammene fasciana* L., *Cydia fagiglandana* Zeller, *Cydia splendana* Hb., *Curculio elephas* Gyll.) delle castagne in tre selve ticinesi (rapport interne non publié).
- ROMANO, F.; BARONE, L.; ROTUNDO, G., 1989: Possibilità di meccanizzazione della raccolta delle castagne. *L'Informatore agrario* 45, 24: 31–38.
- ROTUNDO, G.; GIACOMETTI, R., 1986: Realtà e prospettive di lotta alle tortriche delle castagne. *L'Informatore agrario* 42, 41: 69–72.
- ROTUNDO, G.; GIACOMETTI, R., 1992: Nuovi orientamenti nella lotta ai principali fitofagi del frutto del castagno. Convegno nazionale sulla castanicoltura da frutto. Avellino, 21 e 22 ottobre 1988. Camera di commercio industria, artigianato, agricoltura. 179–193.
- RUTTER, P.A.; MILLER, G.; PAYNE, J.A., 1990: Chestnuts. In: MOORE, J.N.; BALLINGTON Jr., J.R. (eds) Genetic resources of temperate fruits and nut crops. Wageningen, The Netherlands, The International Society for Horticultural Science. 761–788.
- SENDER, S.D.; PAYNEM, J.A.; MILLER, G.; ANAGNOSTAKIS, S.L., 1994: Comparison of total lipids, fatty acids, sugars and nonvolatile organic acids in nuts from *Castanea* Species. *J. Sci. Food Agric.* 65: 223–227.
- WASHINGTON, W.S.; ALLEN, A.D.; DOOLEY, L.B., 1997: Preliminary studies on *Phomopsis castanea* and other organisms associated with healthy and rotted chestnut fruit in storage. *Australas. Plant Pathol.* 26, 37–43.

Adresse des auteurs

Marco Conedera, WSL Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, Sottostazione Sud delle Alpi, CH-6504 Bellinzona-Ravecchia, Suisse
Mauro Jermini et Alberto Sassella, Agroscope RAC Changins, Swiss Federal Agricultural Research Station Changins, Centre of Cadenazzo, CH-6594 Contone, Switzerland
Thomas N. Sieber, Ecole polytechnique fédérale de Zurich (ETHZ), Département des sciences de l'environnement, Protection des forêts et dendrologie, Rämistrasse 101, ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich, Suisse

Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

Concept

Les résultats de la recherche sont élaborés pour constituer des pôles de savoir et des guides d'action à l'intention des acteurs de la pratique. Cette série s'adresse aux milieux de la foresterie et de la protection de la nature, aux autorités, aux écologistes ainsi qu'aux non-initiés.

Les versions allemandes de cette série sont intitulées

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Les éditions italiennes paraissent occasionnellement dans le périodique

Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi.

Pour les dernières parutions, consultez www.wsl/im/publications/newpub-de.ehtml

Managing Editor

Dr Ruth Landolt
Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
E-mail: ruth.landolt@wsl.ch
www.wsl.ch/im/publications/

Mise en page: Sandra Gurzeler, WSL

Traduction: Jenny Sigot, WSL

Impression: Bruhin AG, Freienbach